

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
5. Februar 2004 (05.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/011867 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F28F 3/02**,  
13/12, H05K 7/20

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP2003/008182**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. Juli 2003 (24.07.2003)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
102 33 736.5 24. Juli 2002 (24.07.2002) DE

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **N F T NANOFILTERTECHNIK**

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **HOFMANN, Wilfried**  
[DE/DE]; Martiusstrasse 5, 80802 München (DE).

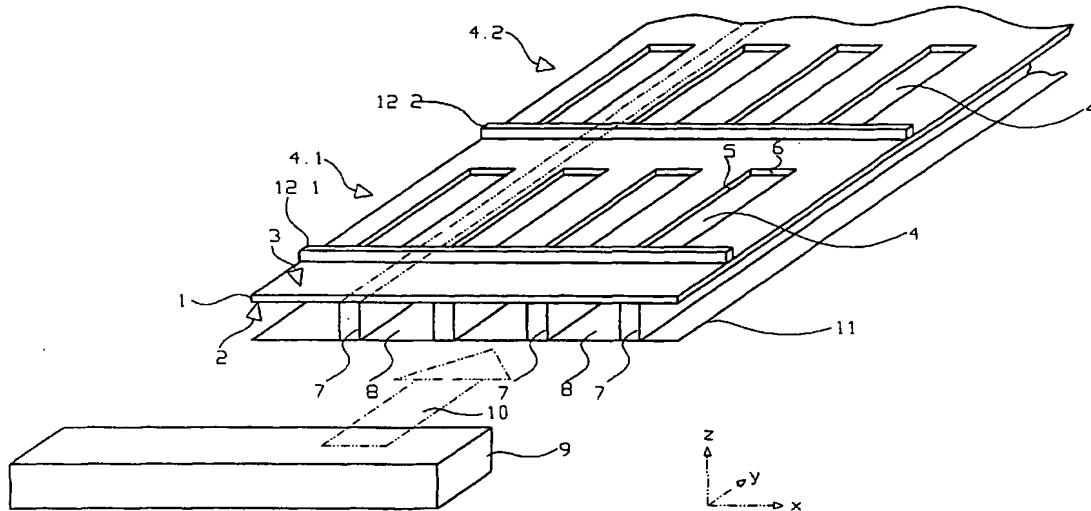
(74) Anwalt: **VON BÜLOW, Tam**; Mailänder Str. 13, 81545 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(54) Title: HEAT-EXCHANGING DEVICE

(54) Bezeichnung: WÄRMETAUSCHERVORRICHTUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to a heat-exchanging device comprising a substrate (1) having a plurality of regularly arranged channels (4) extending through the substrate (1), and webs (12) protruding from the upper side (3) of the substrate (1), the maximum height (RH) of said webs corresponding to half of the length (DL) of the channels (4) in the direction of flow (10). A device (9) for producing an oriented liquid flow, preferably an air flow, ensures that both sides (2, 3) of the substrate (1) are tangentially crossed by the flow. The webs (12), used as flow obstacles for producing turbulence zones (TL), are oriented perpendicularly to the direction of flow (10).

(57) **Zusammenfassung:** Die Wärmetauschervorrichtung hat ein Substrat (1) mit einer Vielzahl von regelmässig angeordneten, sich durch das Substrat (1) hindurcherstreckenden Kanälen (4) sowie von einer Oberseite (3) des Substrates (1) abstehende Stege (12), deren Höhe (RH) maximal der Hälfte der Länge (DL) der Kanäle (4) in Anströmrichtung (10) entspricht. Eine Einrichtung (9) zur Erzeugung eines gerichteten Fluidstromes, vorzugsweise von Luft, sorgt dafür, dass beide Seiten (2, 3) des Substrates (1) tangential angeströmt werden. Die als Strömungshindernisse zur Erzeugung von Verwirbelungszonen (TL) dienenden Stege (12) sind quer zur Anströmrichtung (10) ausgerichtet.

**WO 2004/011867 A1**



RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

WärmetauschervorrichtungBeschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Wärmetauschervorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Eine derartige Wärmetauschervorrichtung ist aus der DE 39 29 004 A1 bekannt. Diese Schrift zeigt einen Wärmetauscher mit Doppelplatten, die an inneren und/oder äußereren Flächen Profilierungen aufweisen, die als quer zur Anströmrichtung liegende Sicken oder Stege ausgebildet sind. Diese Stege liegen in Anströmrichtung hintereinander und ihre Höhe ist kleiner als der Abstand von benachbarten Stegen. Die Stege sollen dabei Turbulenzen des strömenden Mediums und damit einen verbesserten Wärmeübergang bewirken.

Die DE 38 22 890 A1 zeigt eine Kühlanordnung mit einem Gebläse und einer Vielzahl von parallel zueinander angeordneten Kühlelementen, die jeweils langgestreckte Kühlstege und dazwischenliegende Spaltöffnungen aufweisen, wobei die Kühlstege von jeweils zwei benachbarten Kühlelementen gegeneinander versetzt sind, so daß in Anströmrichtung die Kühlstege eines Kühlelementes die Spaltöffnung des benachbarten Kühlelementes überdecken.

Die DE 198 13 119 A1 zeigt einen Turbulenzwärmerrückgewinner mit Profilplatten, deren Profile in der Plattenebene alternierend entgegengerichtet um den gleichen Winkel gegen die Längsrichtung des Druckgradienten schräg gestellt sind. Hierdurch soll eine turbulente Strömung erzeugt werden, die die Wärmetauscherleistung verbessert.

Solche Wärmetauschervorrichtungen werden beispielsweise zur Kühlung von elektronischen Komponenten, wie Mikroprozessoren oder Chips, verwendet. Generell unterscheidet man aktive und passive Kühleinrichtungen. Bei aktiven Kühleinrichtungen werden Aggregate, wie z.B. Gebläse oder Ventilatoren, genutzt, um den Abtransport von Wärme mit Hilfe eines Fluidstromes zu unterstützen oder überhaupt erst zu ermöglichen. Der dabei erzeugte Fluidstrom strömt über einen Kühlkörper, der mit einer Wärmequelle gekoppelt ist und von dieser Abwärme aufnimmt. Bekannte Kühlkörper haben beispielsweise eine Rippen- oder Säulenstruktur und sind teilweise an der Oberfläche aufgerauht. Das den Kühlkörper um- bzw. durchströmende Fluid nimmt dabei die Wärme auf. Meistens wird als Fluid bei der Kühlung von Prozessoren Luft genutzt. Da Luft ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, müssen die Kühlkörper verhältnismäßig groß ausgelegt werden, um über eine im Verhältnis zur Wärmeeinleitungsfläche große Wärmeabgabefläche zu haben. Zu diesem Zwecke ist in der älteren, nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung Nr. 100 41 829 vorgeschlagen, daß die Wärmeabgabefläche wesentlich größer als die Wärmeeinleitungsfläche ist, was durch eine vorgegebene Strukturierung in Form von Kanälen und in Form von Furchen, die in Strömungsverbindung mit den Kanälen stehen, erreicht wird.

Kühlvorrichtungen mit einem Substrat, durch welche sich Kanäle hindurcherstrecken, sind auch aus der DE 196 19 060 A1 und der EP 0 308 576 A2 bekannt. Die Kanäle können dabei rechteckig oder kreisförmig sein.

Die DE 92 14 061 U1 beschreibt einen Kühlkörper, dessen Wärmeeinleitungsfläche zur Oberflächenvergrößerung Rippen und Furchen aufweist.

Ein Problem bei aktiven Wärmetauschervorrichtungen ist neben den großen Abmessungen der Energiebedarf für die Einrichtung zur Erzeugung des Fluidstromes. Für einen effek-

tiven Wärmeübergang ergibt sich daraus ein verhältnismäßig hoher Leistungsverbrauch und meist auch Platzbedarf für die entsprechende Einrichtung, wie z.B. ein Gebläse. Hinzu kommt, daß eine gute Wärmeübertragung von der Wärmeabgabefläche an das Fluid dann erfolgt, wenn die Wärmeabgabefläche gegenüber dem Fluidstrom einen relativ hohen Strömungswiderstand hat. Dies aber bedingt wiederum ein stärkeres Gebläse.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Wärmetauschervorrichtung zu schaffen, die bei geringem Strömungswiderstand eine hohe Wärmetauschleistung bringt. Dabei soll die Wärmetauschervorrichtung einen geringen Platzbedarf haben und auch bei Verwendung von Luft als Fluid eine gute Wärmeübertragung ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Das Grundprinzip der Erfindung besteht darin, daß von der Oberseite des Substrates abstehende Stege mit geringer Höhe vorgesehen sind, die quer zur Anströmungsrichtung des Fluides liegen, und daß im Substrat durchgehende Kanäle vorhanden sind.

Die Wärmeübertragung zwischen dem Fluid und dem Substrat erfolgt nur in einer dünnen Grenzschicht unmittelbar an der Oberfläche des Substrates. Zur Erhöhung der Wärmeübertragung wird das Fluid so geleitet, daß durch geometrische Merkmale des Substrates lokalisierte Turbulenzen erzeugt werden, die den Wärmeübertrag zwischen Fluid und Substrat erhöhen, ohne den Strömungswiderstand wesentlich zu erhöhen. Zur Erzeugung dieser Turbulenzen sind die regelmäßig angeordneten Stege, die als Mikrohindernisse wirken, vorgesehen und regelmäßig angeordneten Kanäle, die sich durch das Substrat hindurchstrecken. Das Substrat ist im wesentlichen eine dünne Platte, die in geringem Abstand oberhalb der

zu kühlenden heißen bzw. zu erwärmenden kalten Oberfläche eines Objektes angebracht wird. An den regelmäßig angeordneten Mikrohindernissen bilden sich Turbulenzen aus, die auf der Anströmseite der Mikrohindernisse vor allem im Bereich der Kanäle durch den Aufprall auf die Mikrohindernisse erzeugt werden. Darüber hinaus tritt eine Art inverser Kamineffekt auf, d.h. ein Teil des anströmenden Fluids gelangt von oberhalb der Platte durch den Kanal hindurch in die Nähe oder direkt auf die heiße bzw. kalte Oberfläche des Objektes, wo ebenfalls eine weitere effektive Kopplung von Wärme mit dem Fluid erfolgt.

Das Substrat muß in Strömungsrichtung nur wenige Kanäle und Stege (Mikrohindernisse) aufweisen. Vorzugsweise genügen drei in Strömungsrichtung hintereinanderliegende Kanäle und Stege, da Untersuchungen zeigten, daß der Wärmeübertrag im Bereich des zweiten und dritten Kanals in Strömungsrichtung maximal ist. In diesem Bereich nimmt das Fluid die meiste Wärme auf, was durch Expansion des Fluides auch dazu führt, daß es eine Beschleunigung erfährt, die den Abtransport des erwärmten Fluides unterstützt.

Das Substrat kann an der zu kühlenden heißen bzw. zu erwärmenden kalten Oberfläche des Objektes durch Abstandhalter angebracht werden, beispielsweise durch Schweißen, Kleben, Löten o.ä. Die Abstandhalter sind vorzugsweise ebenfalls Stege, die sich in Anströmrichtung längs des gesamten Substrates erstrecken, so daß sich zwischen dem Objekt und der Unterseite des Substrates ebenfalls Kanäle für das Fluid ergeben.

Vorzugsweise ist die Verbindung zwischen dem Substrat und der zu kühlenden bzw. zu erwärmenden Oberfläche aus wärmeleitendem Material. Das Substrat kann entweder aus wärmeleitendem Material, wie Aluminium, Kupfer o.ä., sein. Es kann aber auch aus anderem Material, wie z.B. Silizium, sein, das lediglich mit einer wärmeleitenden Schicht überzogen

ist. Das Grundmaterial des Substrates braucht daher nicht selbst wärmeleitend zu sein.

Das Substrat mit den Stegen und ggf. den Kanälen kann durch herkömmliche Bearbeitungsverfahren, wie Fräsen oder Stanzen, beispielsweise bei Aluminiumplatten, hergestellt sein oder auch durch Ätz- oder Oberflächenbeschichtungsverfahren, wie im Falle von Silizium.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung können am Anströmende und/oder am Abströmende des Substrates Leitbleche vorgesehen sein, um die Einströmung des Fluids in den Kanal zwischen dem Substrat und der zu kühlenden bzw. zu erwärmenden Oberfläche des Objektes zu unterstützen.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist oberhalb des Substrates für die Ausbildung eines nach oben ebenfalls geschlossenen Kanals eine dünne Platte angeordnet, die vorzugsweise an der dem Substrat zugewandten Seite aufgerauht ist oder ebenfalls Stege hat entsprechend den Stegen des Substrates. Diese als obere Abdeckung wirkende Platte verbessert die Abströmung des Fluids insbesondere im letzten Abschnitt vor dem Auströmende.

Die Wärmetauschervorrichtungen nach der Erfindung können modularisch miteinander kombiniert werden, wobei eine Vielzahl von Anordnungen einzelner Module möglich sind.

Generell ist die Anströmrichtung im Inneren der Wärmetauschervorrichtung tangential zur Unterseite und zur Oberseite des Substrates. Die Zuströmung des Fluids zu den einzelnen Modulen kann aber auch senkrecht zur Unter- und Oberseite des Substrates erfolgen, wobei dann Mittel, wie z.B. Leitbleche, vorgesehen sind, um das anströmende Fluid umzulenken.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispieles im Zusammenhang mit der Zeichnung ausführlicher

erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine perspektivische Teilansicht einer Wärmetauschervorrichtung nach der Erfindung;

Fig. 2 eine Draufsicht auf die Wärmetauschervorrichtung;

Fig. 3 einen Querschnitt der Wärmetauschervorrichtung längs der Linie A-A der Fig. 2;

Fig. 4 ein Diagramm der Temperaturverteilung an der Wärmetauschervorrichtung;

Fig. 5 ein Diagramm der Strömung des Fluides entlang der Wärmetauschervorrichtung;

Fig. 6 eine Anordnung mehrerer Wärmetauschervorrichtungen nach der Erfindung, die modular erweiterbar ist;

Fig. 7 eine andere Anordnung von Wärmetauschervorrichtungen in vertikaler Ausrichtung;

Fig. 8 eine Anordnung von Wärmetauschervorrichtungen nach der Erfindung mit senkrechter Zuströmung des Fluides zu dem Substrat;

Fig. 9 eine perspektivische Ansicht ähnlich der Bauform der Fig. 8, jedoch mit einem Materialkern im zentralen Bereich, auf dem ein Lüfter befestigt werden kann; und

Fig. 10a-10c eine Stirnansicht, eine Draufsicht und einen Querschnitt der Anordnung der Fig. 9.

Zunächst sei auf Fig. 1 Bezug genommen. Ein Substrat 1 mit einer Unterseite 2 und einer Oberseite 3 hat eine Vielzahl von regelmäßig angeordneten, sich durch das Substrat 1 hindurchstreckenden Kanälen 4, die hier rechteckig ausgebildet sind. Die Kanäle haben eine Längskante 5 und eine Querkante 6. Das Substrat 1 ist durch Abstandhalter 7 gegenüber der Oberfläche eines Objektes 11, mit dem Wärme ausgetauscht werden soll, gehalten, wobei sich die Abstandhalter 7 über die gesamte Länge des Substrates erstrecken. Es sind mehrere, parallel zueinander verlaufende Abstandhal-

ter 7 vorgesehen, die jeweils so angeordnet sind, daß sie zwischen den Kanälen 4 liegen. Hierdurch werden zwischen dem Substrat 1, dem Objekt 11 und den Abstandhaltern 7 weitere Kanäle 8 gebildet, die längs des Substrates 1 verlaufen. Eine Einrichtung 9, die beispielsweise ein Gebläse sein kann, erzeugt einen gerichteten Fluidstrom, der in Richtung des Pfeiles 10, im folgenden Anströmrichtung 10 genannt, sowohl durch die Kanäle 8 strömt und damit längs der Unterseite 2 als auch längs der Oberfläche 3 des Substrates 1 und dabei teilweise auch durch die Kanäle 4 hindurch, und zwar teilweise in beiden Richtungen, d.h. von oben nach unten und an anderer Stelle von unten nach oben.

In Anströmrichtung 10 vor den Kanälen 4 sind quer zur Anströmrichtung 10 verlaufende Stege 12.1, 12.2 vorgesehen, die, wie am besten aus Fig. 5 zu erkennen ist, Turbulenzen erzeugen, die für den verbesserten Wärmeübertrag sorgen. Andererseits sind die Stege 12.1, 12.2 so niedrig, daß sie den Strömungswiderstand nur geringfügig erhöhen und deshalb auch als "Mikrohindernisse" bezeichnet werden.

Aus der Draufsicht der Fig. 2 ist zu erkennen, daß das Substrat 1 drei in Strömungsrichtung 10 hintereinanderliegenden Reihen 4.1, 4.2 und 4.3 von Kanälen 4 aufweist sowie drei in Anströmrichtung hintereinanderliegende Stege 12.1, 12.2 und 12.3, die jeweils in Anströmrichtung 10 vor den Reihen von Kanälen liegen. Zwischen den Kanälen 4 sind in Anströmrichtung 10 die Abstandhalter 7 angeordnet, die sich über die gesamte Länge des Substrates erstrecken.

Aus der Schnittansicht der Fig. 3 ist zu erkennen, daß oberhalb des Substrates 1, also gegenüberliegend zu dessen Oberseite 3, eine Abdeckplatte 13 angeordnet sein kann, die in einem Abstand AP gegenüber der Oberseite 3 gehalten ist. Die der Oberseite 3 des Substrates 1 zugewandte Seite der Abdeckplatte 13 hat ebenfalls Stege 14, die für die Erzeugung von Turbulenzen wirksam sind. Statt der Stege

oder zusätzlich hierzu kann auch die Fläche der Abdeckplatte 13, die dem Substrat 1 gegenüberliegt, aufgerauht sein. Der Abstand AP ist mindestens doppelt so groß wie die Höhe RH der Stege 12.

In einem konkreten Ausführungsbeispiel hat das Substrat in Anströmrichtung 10 eine Länge L von 16,5 mm und quer zur Anströmrichtung 10 eine Breite B (vgl. Fig. 2) von 58 mm. Die Kanäle 4 haben in Anströmrichtung eine Länge DL von 4 mm und quer dazu eine Breite von 2 mm. Die in Anströmrichtung 10 gemessene Länge SL der Stege 12 beträgt 0,3 mm; die Dicke D des Substrates beträgt 1 mm. Der Abstand KH, d.h. die Höhe der Kanäle 8 zwischen dem Substrat 1 und dem zu kühlenden Objekt 11 beträgt 2 mm. Die Höhe der Stege 12 beträgt im konkreten Ausführungsbeispiel 0,3 mm und darf maximal die Hälfte der Länge DL der Kanäle 4 sein. Bei dieser Konfiguration wurde bei einer Anströmgeschwindigkeit von ca. 5 m/s und einer Temperatur des zu kühlenden Gegenstandes von ca. 340°K eine Kühlleistung von ca. 20 W erzielt.

Mit einer solchen Wärmetauschervorrichtung kann außerdem eine Flächenvergrößerung für den verbesserten Wärmeübertrag gegenüber einer ebenen Fläche mit einem Faktor von mindestens 2 erreicht werden, da auch die Innenwandungen der Kanäle 4 und die Außenflächen der Stege 12 als Fläche für einen Wärmeübertrag wirksam sind.

Aus den Figuren 2 und 3 ist noch zu erkennen, daß in Anströmrichtung vor dem Substrat 1 ein Leitblech 15 angeordnet sein kann, das hier gewellt ist und somit für eine definierte Verteilung des Fluidstromes längs der Ober- und der Unterseite des Substrates sorgt.

Fig. 4 zeigt die Temperaturverteilung an dem Substrat im Bereich der Kanäle 4 und der Stege 12 anhand von Isothermen t1-t9, wobei in Anströmrichtung 10 am dritten Kanal (rechts

in Fig. 4) kein Steg vorhanden ist, um die Wirkung der Stege zu verdeutlichen. Die Temperaturdifferenz zwischen benachbarten Isothermen  $t_1-t_9$  liegt bei ca.  $4^{\circ}\text{K}$ , wobei die höchste Temperatur  $t_1$  bei ca.  $342^{\circ}\text{K}$  und die niedrigste Temperatur  $t_9$  bei ca.  $308^{\circ}\text{K}$  liegt. In den Bereichen, in denen die Isothermen sehr eng beieinanderliegen, also der größte Temperaturgradient auftritt, ist der größte Wärmeübertrag vorhanden. Aus Fig. 4 ergibt sich deutlich, daß dieser gerade im Bereich der Stege auftritt sowie jeweils an der Kante des Substrates an der stromaufwärtigen Seite der Kanäle 4. An diesen beiden Stellen sowie an der Unterseite des Substrates tritt eine Verwirbelung der Strömung auf, was den besten Wärmeübertrag bringt. Auch ist erkennbar, daß der Wärmeübertrag im Bereich der ersten beiden Kanäle in Anströmrichtung am besten ist und dann in Anströmrichtung 10 abnimmt, da das Fluid beim Passieren des Substrates erwärmt wird und damit eine schlechtere Kühlleistung bringt.

Fig. 5 zeigt den Strömungsverlauf des Fluides längs des Substrates. Es ist zu erkennen, daß in Anströmrichtung hinter den Stegen auch eine abwärts gerichtete Strömungskomponente vorhanden ist. Weiter ist zu erkennen, daß aufgrund der Expansion von erwärmtter Luft eine Beschleunigung der Strömung auftritt.

Eine einzelne Wärmetauschervorrichtung gemäß den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen der Figuren 1-5 sei im folgenden als Modul 14 bezeichnet. Fig. 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit vier solchen Modulen 14.1-14.4, die je paarweise einander so gegenüberliegen, daß die Stege 12 aufeinanderzuweisen, wobei hier zwei Paare 14.1, 14.2 und 14.3, 14.4 nebeneinander angeordnet sind. Die einzelnen Module werden durch Abstandhalter 15.1, 15.2 und 15.3 positioniert und durch Abdeckplatten 16.1 und 16.2, die zusammen mit den seitlichen Abstandhaltern 15.1 und 15.3 ein rechteckiges Gehäuse bilden, zu einer kompakten Baueinheit zusammengehalten. Diese Baueinheit bildet einen breiten Schacht

17.1, 17.2, durch den das Wärmetauscherfluid strömt, sowie durch die Kanäle 4 und 8. Die Abstandhalter 15.1, 15.2 und 15.3 sind vorzugsweise aus wärmeleitendem Material, um die einzelnen Module thermisch miteinander zu koppeln. Die Anströmung mit dem Fluid, wie z.B. Luft, erfolgt in horizontaler Richtung parallel zu den Abdeckplatten 16.1 und 16.2, von denen eine im thermischen Kontakt mit dem nicht dargestellten zu kühlenden Objekt steht. Auch eine solche Baueinheit kann modular beliebig erweitert werden, indem mehrere solcher Baueinheiten übereinander gestappelt werden und/oder nebeneinander liegen.

Fig. 7 zeigt eine gegenüber Fig. 6 abgewandelte Ausführungsform, bei der mehrere Module vertikal übereinander gestappelt sind. Die oberen drei Module 14.1-14.3 sind hierbei geschnitten dargestellt, während die beiden unteren dargestellten Module 14.4 und 14.5 eine Stirnansicht darstellen. Die Wärmeeinleitung erfolgt seitlich über eine Abdeckplatte 16.1. Weiter ist zu erkennen, daß einzelne Module, wie z.B. 14.2 und 14.3, sich mit ihren Substratrückseiten 18.2 und 18.3 unmittelbar berühren. Bei dieser Anordnung werden also mehrere übereinanderliegende Schächte 17.1...17.3 gebildet, die jeweils übereinander liegen und horizontal, d.h. senkrecht zur Zeichenebene der Fig. 7 angeströmt werden.

Fig. 8 zeigt eine Variante einer Anordnung mehrerer Module 14.1-14.6 in einem Gehäuse, wobei hier die Zuluft (vgl. Pfeil 19) vertikal zur Anströmrichtung 10 innerhalb der einzelnen Module zugeführt wird, was durch Strömungsleitbleche 20 und entsprechende Umlenkung in den einzelnen Modulen erfolgt. Die Abströmung (vgl. Pfeile 10) erfolgt hier nach zwei Seiten, da die einzelnen Module durch eine Längstrennwand 21 voneinander getrennt sind, wo sich die Zuluft 19 teilt. Auch können die einzelnen Module durch Quertrennwände 22 voneinander abgetrennt sein, um jeweils innerhalb eines Moduls definierte Strömungsbedingungen zu gewährleisten. Die Wärmezufuhr erfolgt hier an den Leitblechen 20

gegenüberliegenden Seite und ist durch den Pfeil Q angedeutet. Auch diese Ausführungsform ist in alle Richtungen (Breite, Länge und Höhe) beliebig erweiterbar. Das Fluid kann über Schläuche oder Rohre auch von einem entfernten gelegenen Lüfter herangeführt werden.

Fig. 9 und 10 zeigen eine gegenüber Fig. 8 etwas abgewandelte Ausführungsform, bei der im zentralen Bereich ein Materialkern 23 vorgesehen ist, auf den ein Lüfter montiert werden kann. Zuführöffnungen 24 zu den einzelnen Modulen sind dann der Kontur des Lüfters angepaßt und bilden hier insgesamt annähernd eine Kreisform.

Wie aus Fig. 10a zu erkennen ist, sind hier mehrere Module seitlich nebeneinander und gleichzeitig vertikal übereinander angeordnet. Auch hier ist erkennbar, daß diese Bauform beliebig erweiterbar ist.

Aus der Schnittansicht der Fig. 10c ist noch zu erkennen, daß mehrere Module zu einer Baueinheit integriert werden können und daß bei der Anströmung (Pfeil 19) quer zur Abströmung (Pfeil 10) noch Leitbleche 25.1, 25.2 vorgesehen sein können, die einerseits die Strömung umlenken und andererseits auch auf einzelne Strömungswege aufteilen.

Generell ist noch zu bemerken, daß ein wesentlicher Vorzug der erfindungsgemäßen Wärmetauschervorrichtung darin liegt, daß sie bei gegenüber dem Stand der Technik deutlich verringerterem Fluiddurchsatz eine gleiche oder bei gleichem Fluiddurchsatz eine bessere Kühlleistung erbringen. Hierdurch hat man geringeren Energieverbrauch der Lüfter, eine Geräuschverminderung, eine Gewichtsreduzierung und kleinere, billigere Lüfter, insgesamt einen geringeren Platzbedarf und damit auch geringere Logistikkosten.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß das Substrat mit den Kanälen und den Stegen allgemein als Wärmetauscher

eingesetzt werden kann, also auch z.B. zum Erwärmen eines Objektes durch Anströmung mit einem heißen Medium oder zum gezielten Erwärmen eines Mediums (Fluid), z.B. eines Prozeßgases.

Weiter sei erwähnt, daß der Fluidstrom auch dadurch erzeugt werden kann, daß das Substrat und das zu kühlende oder zu erwärmende Objekt, an dem das Substrat angebracht ist, gegenüber einem Medium bewegt wird. Beispielsweise kann das Substrat an einem Fahrzeug, wie z.B. einem Auto oder einem Schiff, befestigt sein, bei dessen Fahrt der Fluidstrom entsteht.

Für die Dimensionierung der Kanäle 4 und 8 und der Stege 12 sowie der Abstandhalter 7 lassen sich noch folgende allgemeine Regeln aufstellen:

Die Länge der Turbulenzzone TL (Fig. 3) in Anströmrichtung 10 nach den Stegen 12 hängt primär von der Höhe RH der Stege 12 ab. Die Länge DL der Kanäle in Anströmrichtung sollte daher mindestens doppelt so groß sein wie die Höhe RH der Stege. Weiter soll die Höhe KH der Abstandhalter 7, d.h. der Abstand zwischen dem Substrat 1 und dem zu kühlenden Objekt 11 größer oder maximal gleich der Höhe SL der Stege sein. Auch soll die Höhe der Stege kleiner sein als der Abstand von in Anströmrichtung (10) benachbarten Stegen.

Patentansprüche

1. Wärmetauschervorrichtung mit einem Substrat, das eine Unterseite und eine Oberseite aufweist, mit einer Einrichtung (9) zur Erzeugung eines gerichteten Fluidstromes mit einer Anströmrichtung (10), die tangential zur Unterseite (2) und zur Oberseite (3) des Substrates (1) liegt, mit von der Oberseite (3) des Substrates (1) abstehenden, in Anströmrichtung (10) hintereinander liegenden Stegen (12), deren Höhe kleiner ist als der Abstand (PL) von in Anströmrichtung (10) benachbarten Stegen, wobei die Stege (12) quer zur Anströmrichtung (10) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (1) eine Vielzahl von regelmäßig angeordneten, sich durch das Substrat (1) hindurcherstreckenden Kanälen (4) aufweist.
2. Wärmetauschervorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege (12) sich durchgehend über die Breite (B) des Substrates (1) erstrecken.
3. Wärmetauschervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege (12) in Anströmrichtung (10) unmittelbar vor den Kanälen (4) angeordnet sind.
4. Wärmetauschervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle (4) rechteckige Form haben, wobei ihre längere Seite (5) parallel zur Anströmrichtung (10) ausgerichtet ist.

5. Wärmetauschervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (1) durch Abstandhalter (7) an einem Objekt (11) angebracht ist und daß die Höhe (KH) der Abstandhalter größer ist als die Höhe (RH) der Stege (12).
6. Wärmetauschervorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe (KH) der Abstandhalter (7) kleiner ist als die Länge (DL) der Kanäle (4) in Anströmrichtung (10) und vorzugsweise kleiner als 5 mm.
7. Wärmetauschervorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Abstandhalter (7) vorgesehen sind, die jeweils zwischen den Kanälen (4) von der Unterseite (2) des Substrates (1) abstehen und sich zur Bildung von Längskanälen (8) über die gesamte Länge des Substrates (1) erstrecken.
8. Wärmetauschervorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandhalter (7) aus wärmeleitendem Material bestehen.
9. Wärmetauschervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (1) aus wärmeleitendem Material, insbesondere aus Metall besteht oder aus beliebigem Material, das mit wärmeleitendem Material beschichtet ist.
10. Wärmetauschervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß an der Anströmseite des Substrates (1) ein Leitblech (15) angeordnet ist.

11. Wärmetauschervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß im Abstand zur Oberseite (3) des Substrates (1) eine Abdeckplatte (13) angeordnet ist, wobei der Abstand (AP) der Abdeckplatte (13) zur Oberseite (3) des Substrates (1) mindestens das Doppelte der Höhe (RH) der Stege (12) ist.
12. Wärmetauschervorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die der Oberseite (3) des Substrates (1) zugewandte Seite der Abdeckplatte (13) Strömungshindernisse und insbesondere Stege (14) aufweist, die den Stegen (12) auf der Oberseite des Substrates (1) entsprechen.
13. Wärmetauschervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Wärmetauschervorrichtungen modulartig nebeneinander und/oder übereinander und/oder hintereinander angeordnet sind.
14. Wärmetauschervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, gekennzeichnet durch Leitbleche (20, 25), die so angeordnet sind, daß ein vertikal zur Anströmrichtung (10) der Stege (12) ankommender Fluidstrom (19) umgelenkt wird.

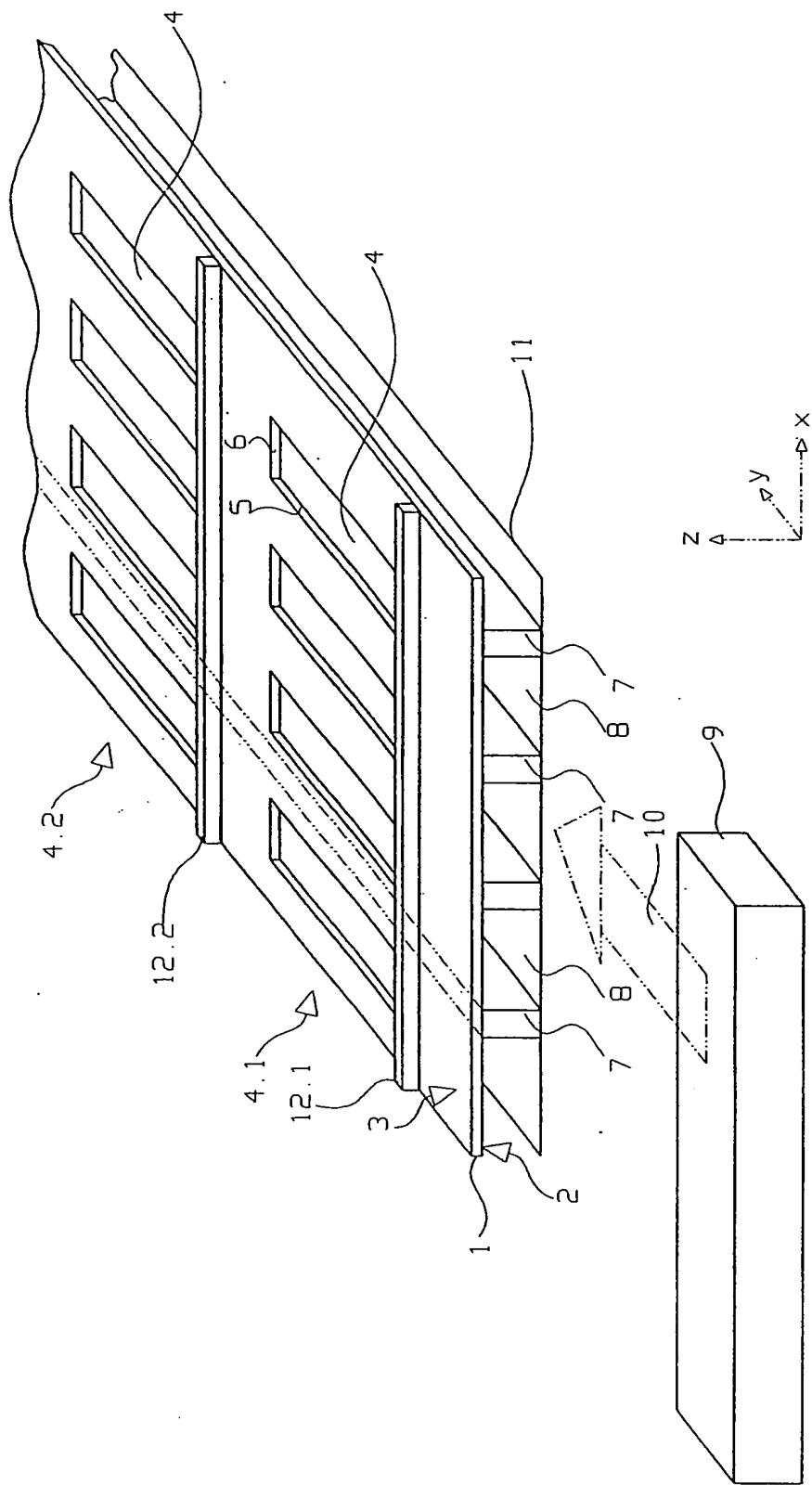


Fig. 1

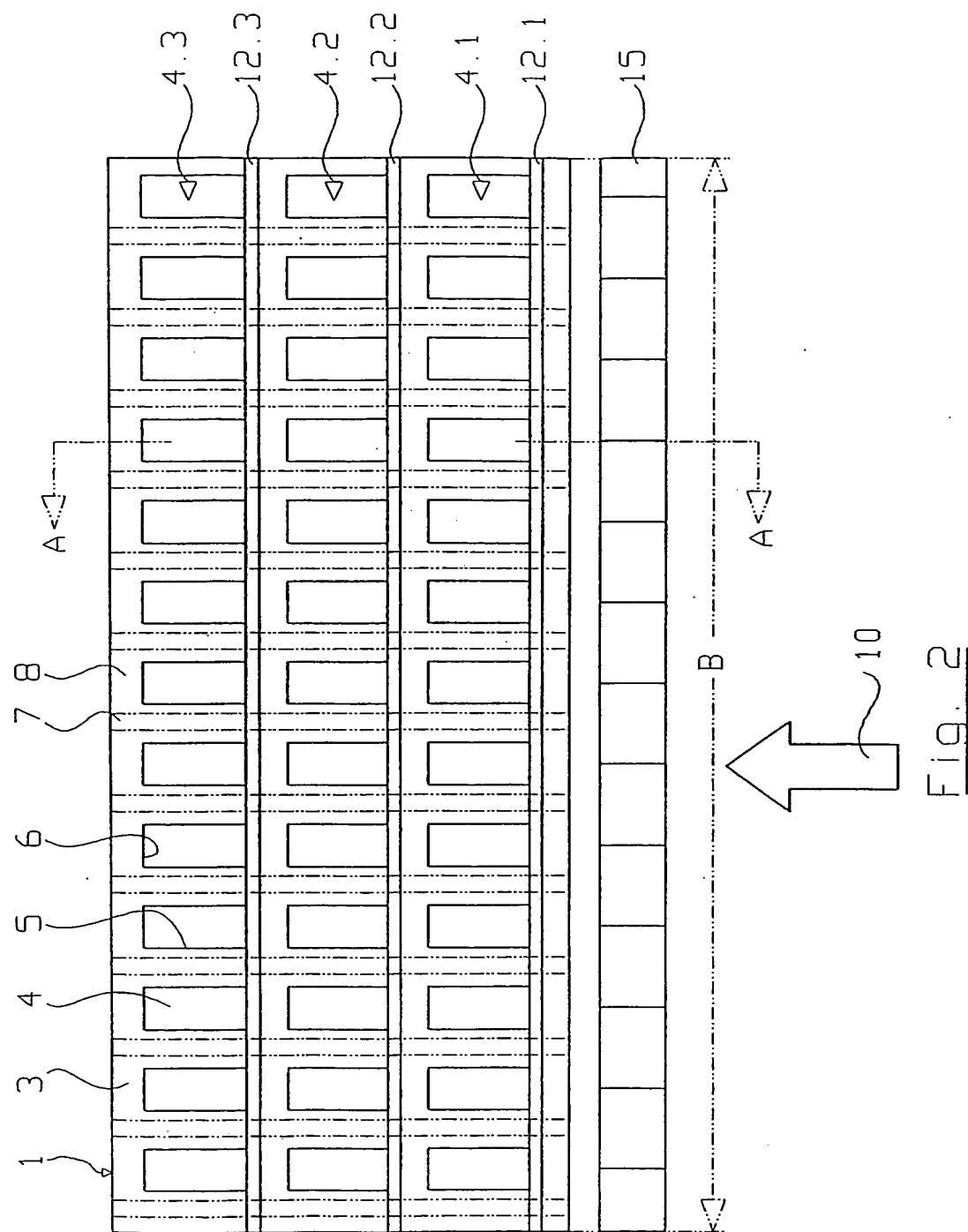


Fig. 2

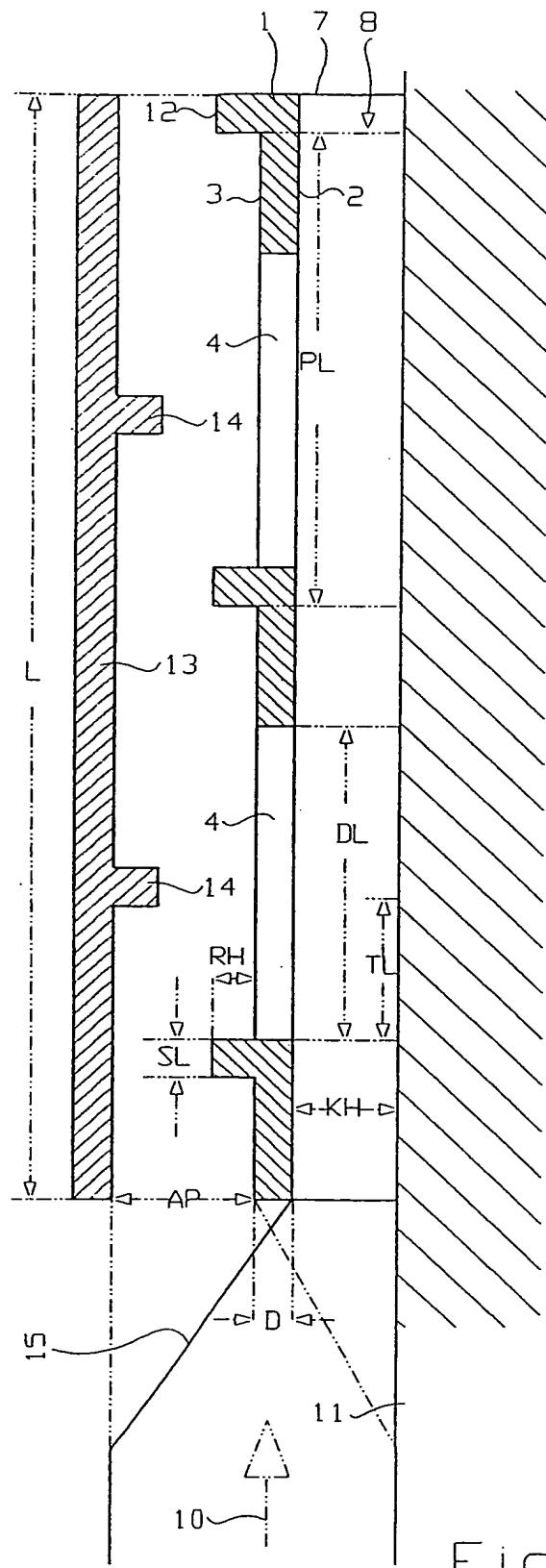


Fig. 3

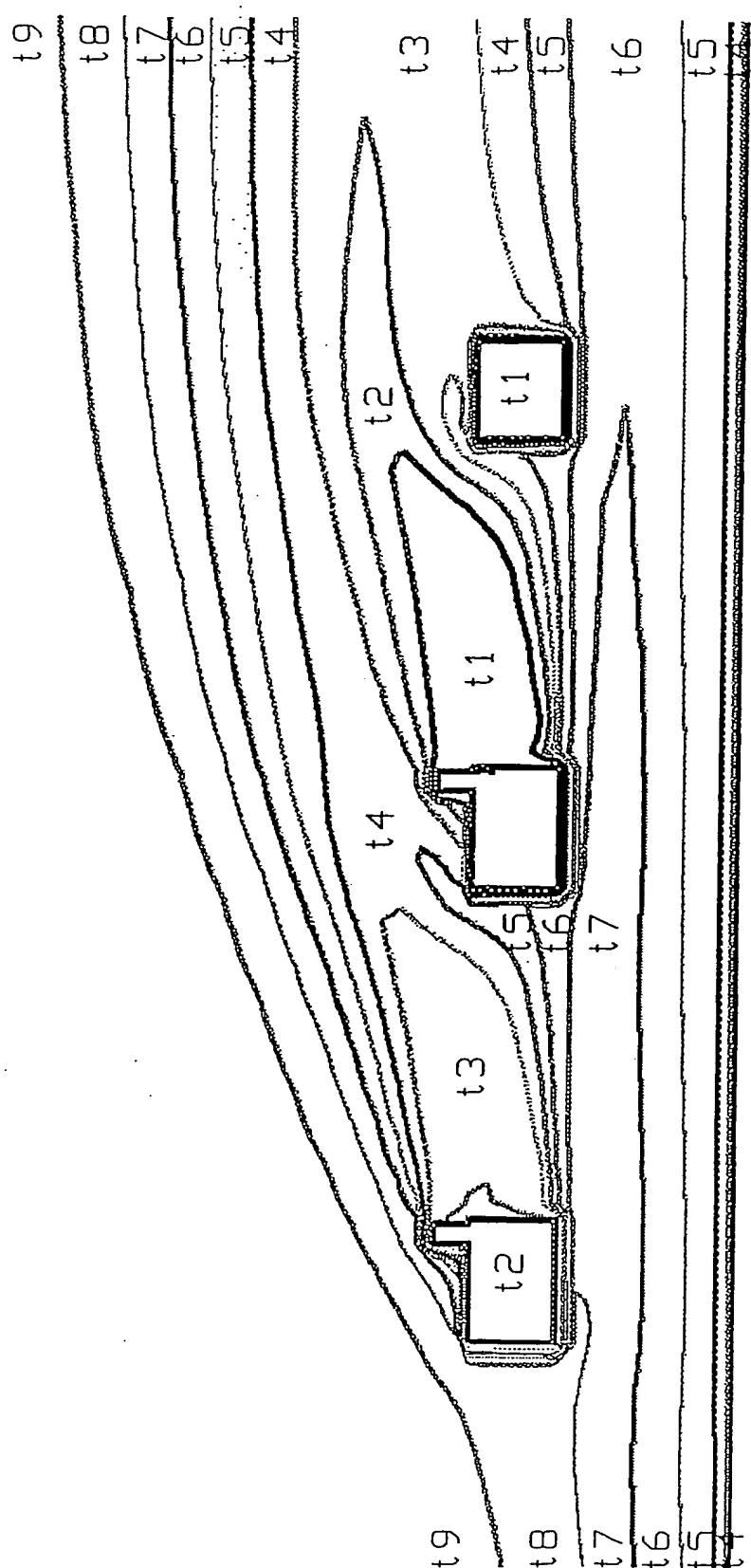


Fig. 4

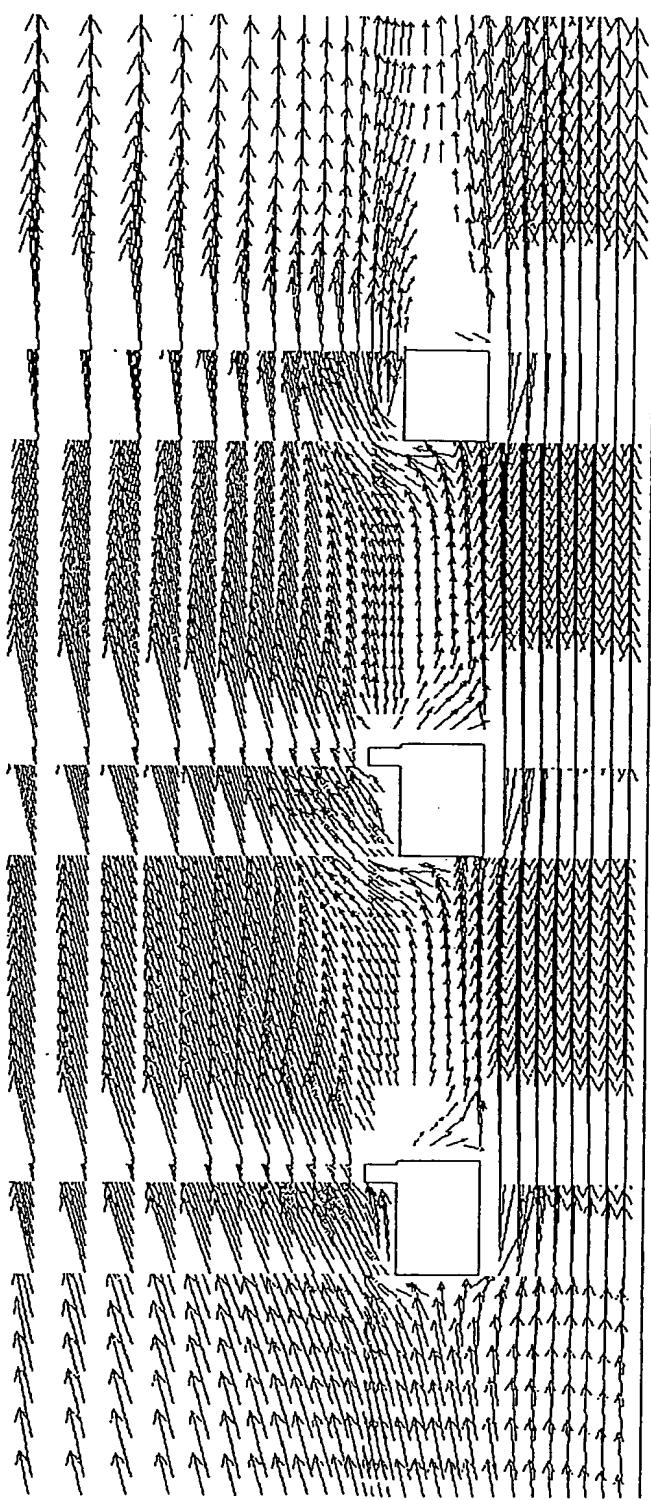


Fig. 5

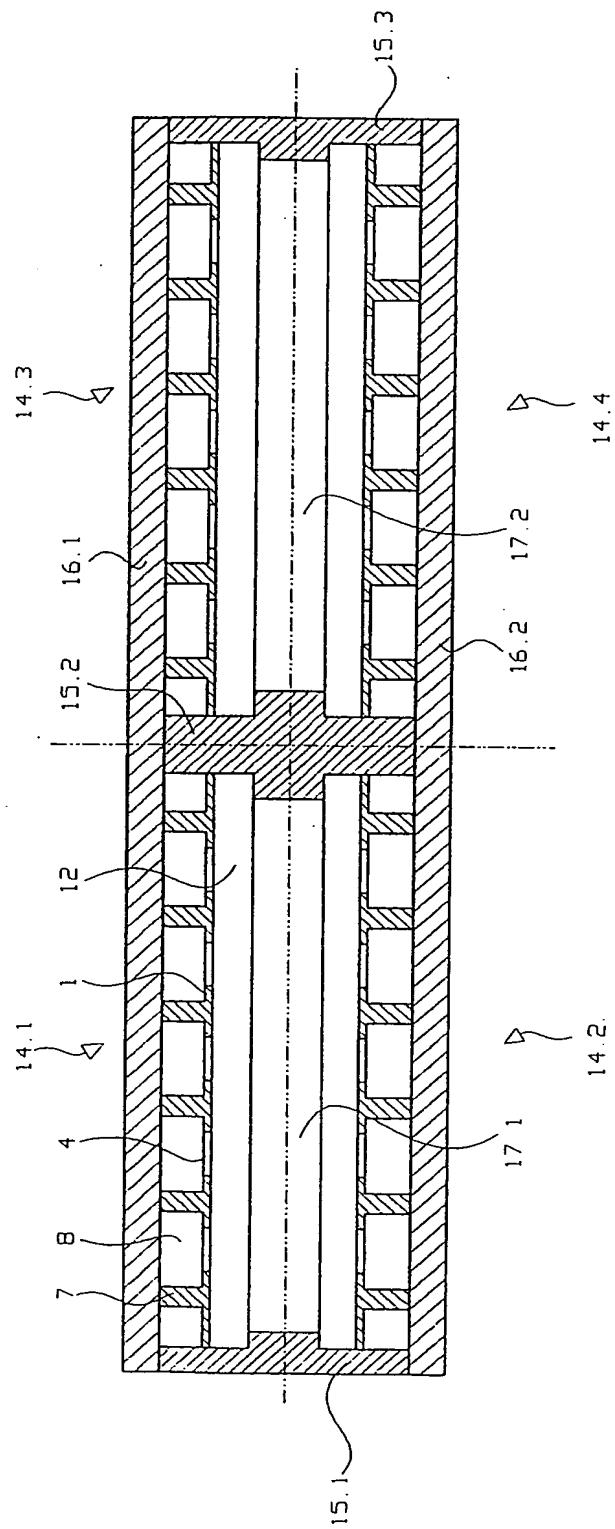


Fig. 6

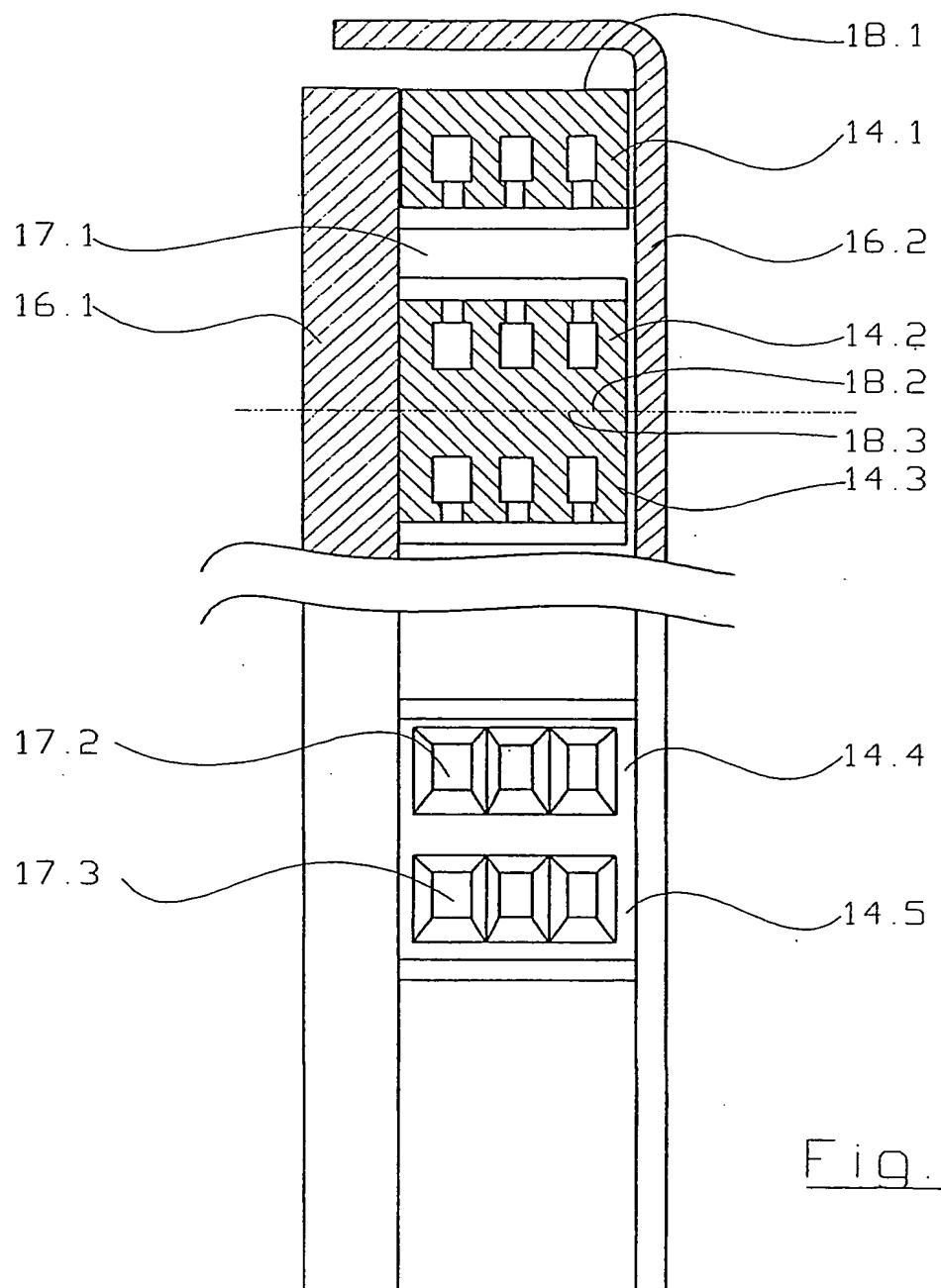


Fig. 7

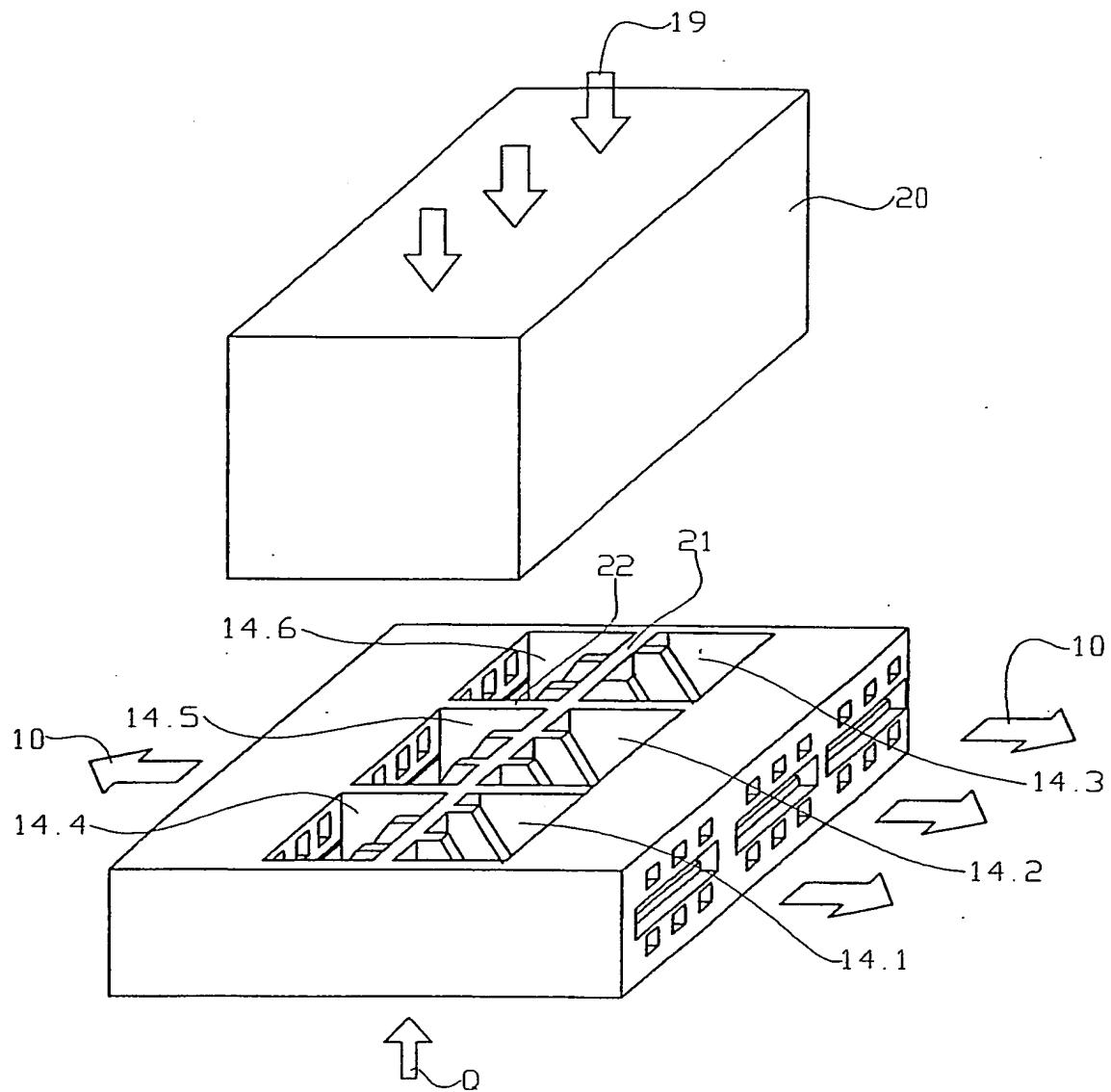


Fig. 8

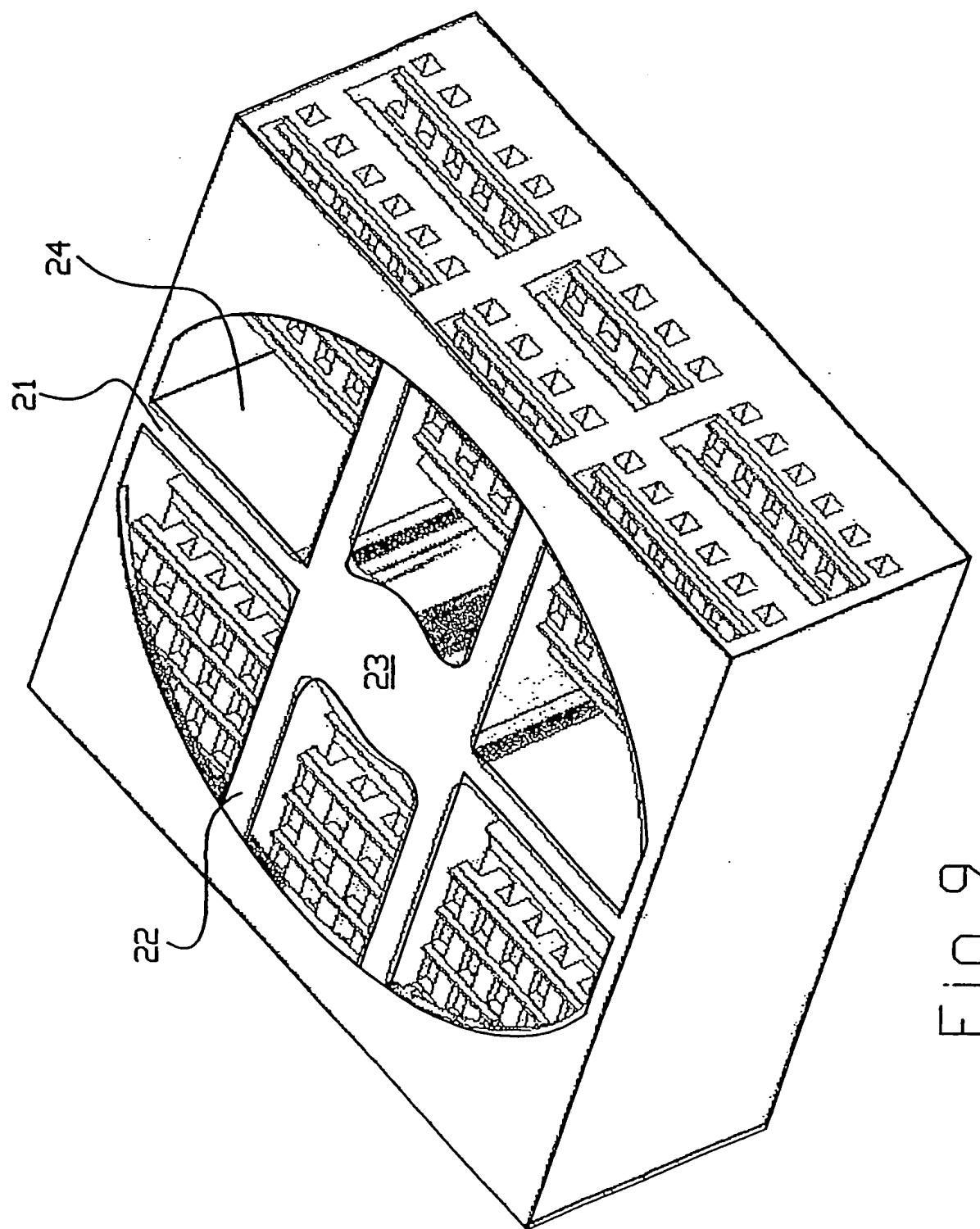
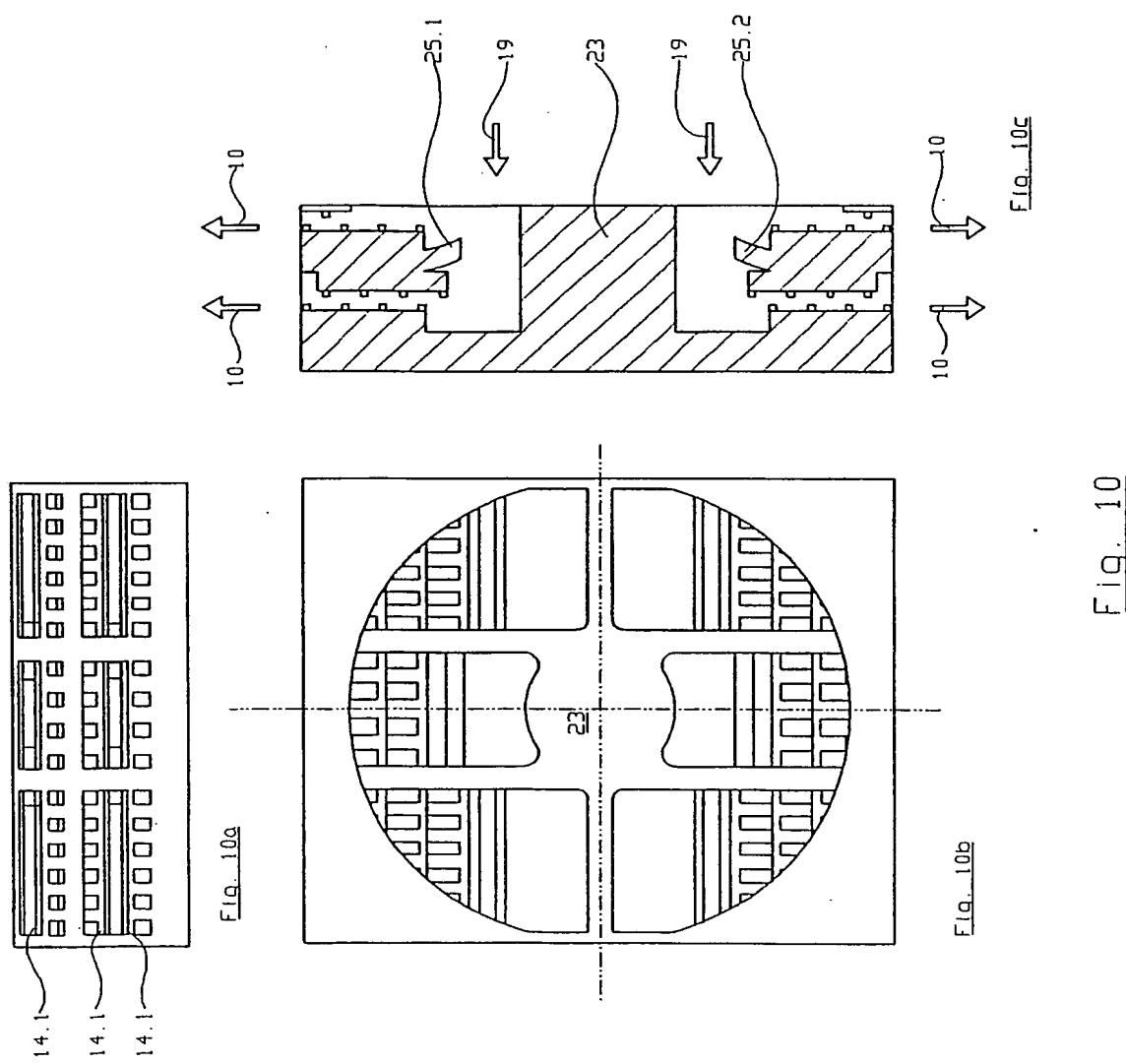


FIG. 9



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter Application No  
PCT/EP 03/08182

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F28F3/02

F28F13/12

H05K7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC  
B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F28F H05K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
PAJ, EPO-Internal

### C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11 186762 A (FUJIKURA LTD) 9 July 1999 (1999-07-09) abstract	1, 2, 4-13
Y	DE 39 29 004 A (BEHR GMBH & CO) 7 March 1991 (1991-03-07) cited in the application figure 1	3, 14
Y	US 6 067 227 A (KATSUI TADASHI ET AL) 23 May 2000 (2000-05-23) figure 1	3, 14
A	US 5 787 975 A (CABRE FRANCIS ET AL) 4 August 1998 (1998-08-04) the whole document	1

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

Date of the actual completion of the international search

3 December 2003

Date of mailing of the international search report

02/01/2004

Authorized officer

Mellado Ramirez, J

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte

I Application No

PCT/EP 03/08182

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
JP 11186762	A	09-07-1999	NONE			
DE 3929004	A	07-03-1991	DE	3929004 A1		07-03-1991
US 6067227	A	23-05-2000	JP	3069819 B2		24-07-2000
			JP	6268125 A		22-09-1994
			US	5940267 A		17-08-1999
			US	5504650 A		02-04-1996
			DE	69330481 D1		30-08-2001
			DE	69330481 T2		28-03-2002
			DE	69332840 D1		08-05-2003
			DE	69332840 T2		06-11-2003
			DE	69332842 D1		08-05-2003
			EP	0572326 A2		01-12-1993
			EP	0939442 A2		01-09-1999
			EP	0939443 A2		01-09-1999
			KR	168462 B1		15-04-1999
			US	5650912 A		22-07-1997
US 5787975	A	04-08-1998	FR	2718836 A1		20-10-1995
			US	5904205 A		18-05-1999
			CA	2180838 A1		26-10-1995
			CN	1129479 A ,B		21-08-1996
			DE	69507861 D1		25-03-1999
			DE	69507861 T2		07-10-1999
			WO	9528610 A1		26-10-1995
			EP	0707700 A1		24-04-1996
			US	5857517 A		12-01-1999

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter  
es Aktenzeichen  
PCT/EP 03/08182

A. Klassifizierung des Anmeldungsgegenstandes  
IPK 7 F28F3/02 F28F13/12 H05K7/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK  
B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F28F H05K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
PAJ, EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 11 186762 A (FUJIKURA LTD) 9. Juli 1999 (1999-07-09) Zusammenfassung	1, 2, 4-13
Y	DE 39 29 004 A (BEHR GMBH & CO) 7. März 1991 (1991-03-07) in der Anmeldung erwähnt Abbildung 1	3, 14
Y	US 6 067 227 A (KATSUI TADASHI ET AL) 23. Mai 2000 (2000-05-23) Abbildung 1	3, 14
A	US 5 787 975 A (CABRE FRANCIS ET AL) 4. August 1998 (1998-08-04) das ganze Dokument	1

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchebericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. Dezember 2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patenttaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/01/2004

Bevollmächtigter Bediensteter

Mellado Ramirez, J

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen  
PCT/EP 03/08182

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 11186762	A	09-07-1999	KEINE			
DE 3929004	A	07-03-1991	DE	3929004 A1		07-03-1991
US 6067227	A	23-05-2000	JP	3069819 B2		24-07-2000
			JP	6268125 A		22-09-1994
			US	5940267 A		17-08-1999
			US	5504650 A		02-04-1996
			DE	69330481 D1		30-08-2001
			DE	69330481 T2		28-03-2002
			DE	69332840 D1		08-05-2003
			DE	69332840 T2		06-11-2003
			DE	69332842 D1		08-05-2003
			EP	0572326 A2		01-12-1993
			EP	0939442 A2		01-09-1999
			EP	0939443 A2		01-09-1999
			KR	168462 B1		15-04-1999
			US	5650912 A		22-07-1997
US 5787975	A	04-08-1998	FR	2718836 A1		20-10-1995
			US	5904205 A		18-05-1999
			CA	2180838 A1		26-10-1995
			CN	1129479 A , B		21-08-1996
			DE	69507861 D1		25-03-1999
			DE	69507861 T2		07-10-1999
			WO	9528610 A1		26-10-1995
			EP	0707700 A1		24-04-1996
			US	5857517 A		12-01-1999

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

**BLACK BORDERS**

**IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

**FADED TEXT OR DRAWING**

**BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

**SKEWED/SLANTED IMAGES**

**COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

**GRAY SCALE DOCUMENTS**

**LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

**REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

**OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**